引用格式:张玉成, 吴威, 代锋, 等. 关于科技助力南方乡村振兴智慧农业发展模式的思考. 中国科学院院刊, 2024, 39(3): 563-571, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240117002.
Zhang Y C, Wu W, Dai F, et al. Smart agricultural development model with science and technology facilitated rural revitalization in southern China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(3): 563-571, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240117002. (in Chinese)

关于科技助力南方乡村振兴智慧农业发展模式的思考

张玉成[1*] 吴 威[2] 代 锋[1] 李 蕾[1] 高树琴[1] 赵心刚[3]

1 中国科学院计算技术研究所 北京 100190
2 北京国科伏羲科技有限公司 北京 100080
3 中国科学院 科技促进发展局 北京 100864

摘要 乡村振兴是实现中华民族伟大复兴的一项重大任务。农业是乡村的根本，发展智慧农业是实现乡村振兴的重要手段。南方丘陵山区是我国土地石漠化的集中分布区，农业基础条件劣势明显，是我国乡村振兴难啃的“硬骨头”。在巩固拓展脱贫攻坚成果、持续推进乡村振兴的重要时期，在物联网、人工智能、大数据等高新技术蓬勃发展的大背景下，南方丘陵山区如何实现信息化，如何走出一条合理的现代化农业农村发展道路，如何以农业发展带动农村和美、农民富裕，是当下急需思考和解决的问题。文章立足南方丘陵山区人口、耕地、地形地貌等基本现状，深入剖析限制南方丘陵山区农业发展的痛点，围绕智慧农业的智能感知、智能通信、智能决策、智能作业全流程环节，借助信息化、智能化手段，提出我国南方丘陵山区发展智慧农业的思路和步骤，形成一套助力南方乡村振兴的智慧农业发展模式，并以贵州省水城区为例进行示范，以期全面展开推广。最后，围绕南方丘陵山区发展智慧农业的短板和挑战，提出4点发展建议。

关键词 智慧农业，南方丘陵山区，乡村振兴，产业发展

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20240117002

CSTR 32128.14.CASbulletin.20240117002

脱贫攻坚与乡村振兴是以习近平同志为核心的党中央从党和国家事业全局出发，着眼于实现“两个一百年”奋斗目标而作出的重要战略部署。2020年，我国脱贫攻坚战取得全面胜利，小康社会全面建成，实

*通信作者

资助项目：中国科学院科技帮扶项目（KFJ-FP-202207），中国科学院战略性先导科技专项（A类）（XDA28040000）
修改稿收到日期：2024年3月1日

现了第一个百年奋斗目标。在巩固拓展脱贫攻坚成果的基础上，要继续推进脱贫地区发展和群众生活改善，加快建设农业强国，全面推进乡村振兴。“强国必先强农，农强方能国强”，农业的出路在现代化，农业现代化的关键在科技进步和创新。

我国南方丘陵山区生态环境脆弱，基础设施匮乏，农业发展乏力。在物联网、人工智能、大数据等新技术高速发展的大背景下，如何将信息技术、智能技术与传统农业相融合，充分发挥高新技术优势，将我国南方丘陵山区各种复杂要素串联在一起，形成一整套合理的智慧农业发展方案，进而带动农民增收，促进该区域农业农村实现信息化、现代化，切实解决好“三农”问题，是当下亟待解决的一项重要课题。

1 南方丘陵山区整体概况及发展瓶颈

1.1 南方丘陵山区分布特点及整体概况

我国南方丘陵山区系指秦岭—淮河以南的广大热带、亚热带地区，主要包括云南、贵州、四川、重庆、湖北、湖南、广东、广西等省份，这也是我国喀斯特地貌的主要分布区域。作为世界上喀斯特发育类型最多的国家之一，我国喀斯特地貌面积约占国土总面积的1/3，其中连片裸露型54万平方公里集中分布于西南部[1]。在这些地区，由于长期高强度的农事作业压力，加之土壤受暴雨严重冲刷侵蚀，基岩大面积出露，致使西南喀斯特地区成为我国主要的石漠化生态脆弱区。土地石漠化直接导致土地承载能力大幅降低甚至丧失，耕地资源被严重压缩，南方丘陵山区一度成为我国面积最大的集中连片贫困区——2017年底，贫困人口占到全国的40%左右，集中连片特殊困难县和国家扶贫开发重点县211个，区域贫困面大、贫困程度深[2]。第三次全国国土调查结果显示，截至2019年底，我国耕地面积为19.18亿亩，人均耕地面积只有1.36亩，不足世界平均水平的40%，而南方丘陵山区的人均耕地面积则普遍低于国家平均水平（图1）。此外，受城镇化和人口迁移等因素的影响，我国农村人口数量逐年降低，南方丘陵山区农民外出务工的现象较为普遍，加之老龄化进程明显加快，农村劳动力严重短缺，很多地方甚至出现一定程度的耕地撂荒现象。农业农村部农业机械化管理司关于典型丘陵山区省份农机化的调研报告显示，截至2018年底，丘陵山区省份农机总动力达到4.4亿千瓦，比2012年增长21%，但农作物耕种收综合机械化率不足50%，其中西南丘陵山区仅为29%，远低于全国总体69%的水平，这与农业、农村和广大农民对机械化的迫切需求尚有不小差距。

1.2 南方丘陵山区农业发展存在的问题

我国南方丘陵山区地理环境特殊，农业生产基础条件较差，农业发展存在的困难问题突出。

（1）农业生产的规模化、机械化水平不高。丘陵山区地形复杂，田块坡度大、细碎且分散，加之丘陵山区基础设施落后，农机装备的田间转移、跨区域作业困难，大中型农机装备难以在田间开展规模化作业[3]。

（2）缺乏与种植模式相配套的农机装备。丘陵山

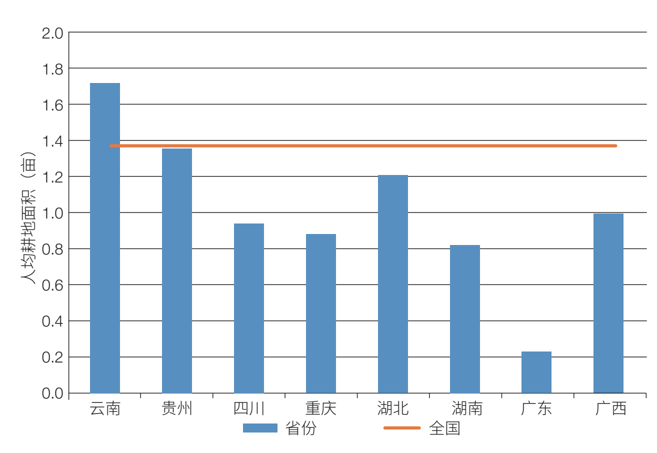


图1　2021年南方丘陵山区人均耕地面积与全国平均水平对照

Figure 1　Comparison between per capita arable land area in southern hilly and mountainous areas in 2021 and the national average level

数据来源：《中国统计年鉴—2022》

Data sourse: *China Statistical Yearbook 2022*

区人均耕地面积小，为充分利用有限的耕地资源，农民大多采用复杂的粮经复合种植结构[4]，种植作物种类多样，种植工艺复杂；现有农业机械无法满足所有作物的生产需求，而适用的农机装备研发难度大，推广范围小，从而限制了丘陵山区农业机械化的发展。

（3）农村信息基础设施建设落后，网络条件有待改善。据统计，截至2020年6月，城乡居民互联网普及率仍相差24.1%，农村部分偏远山区由于自然环境恶劣、地形地貌复杂，导致网络覆盖连续性较差，难以满足现代化农业的发展需求。

（4）农村老龄化问题日益严峻，青壮年从事农业工作的积极性不高，农村劳动力严重缺乏。越来越多的年轻人选择外出务工，大量农技、农机人才不断流失，加之老龄化进程明显加快，农村劳动力严重匮乏，这也造成了农业机械新技术的推广困难重重。

通过系统分析我国南方丘陵山区农业发展存在的问题可知，现有的农业生产方式不可持续，不利于乡村振兴工作推进。随着农村人口的进一步转移，以及老龄化问题的进一步加剧，农村劳动力严重短缺，未来谁来种地？生态环境被破坏导致自然灾害频发，加速土地石漠化进程，加之丘陵山区存在的山高、坡陡、地块小而分散等先天不足因素，农业机械化作业难度大，未来如何做才能种好地？科学分析我国南方丘陵山区农业发展遇到的困境与挑战，系统地解决好谁来种地、如何种好地的问题，是关系到“三农”协同发展的系统性问题，更是巩固、拓展脱贫攻坚成果，助力乡村振兴的根本所在。

2 开展智慧农业是突破南方乡村发展瓶颈的重要手段

农业是乡村的根本，我国南方丘陵山区面临的农业发展瓶颈与当地农业生产力水平低有着必然联系。根据《乡村振兴战略规划（2018—2022年）》，乡村振兴的总体要求是产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕。《全国乡村产业发展规划（2020—2025年）》明确指出“产业振兴是乡村振兴的首要任务。必须牢牢抓住机遇，顺势而为，乘势而上，加快发展乡村产业，促进乡村全面振兴。”智慧农业是突破农业产业瓶颈的重要突破口。中央网信办、农业农村部等5部门联合印发的《2023年数字乡村发展工作要点》指出，要因地制宜发展智慧农业，包括加快农业全产业链数字化转型、强化农业科技和智能装备支撑。新时期，在物联网、大数据、人工智能、云计算等高新技术的支撑下，发展智慧农业有利于带动乡村信息基础设施建设，提升农业生产效率，推动乡村产业兴旺，助力农民致富，实现共同富裕，对我国农业现代化建设和实施乡村振兴战略具有重大引领与推动作用。

新时期，在国家政策的牵引和指导下，应立足我国南方丘陵山区发展现状，大力发展智慧农业，充分发挥现代科技力量，着力突破南方丘陵山区在发展过程中遇到的瓶颈。例如，借助智能化、信息化手段解决农村劳动力不足、老龄化的问题；助推农业机械化的普及；促进生态环境保护等。探索实践适合我国南方丘陵山区发展的系统性解决方案，将有助于推动我国南方乡村振兴建设。

3 南方丘陵山区的智慧农业模式探索

在巩固拓展脱贫攻坚成果、持续推进乡村振兴的重要时期，在国家部署推进数字乡村建设的战略方向指引下，应在发展传统农业助力农村脱贫的基础上，充分发挥信息化、智能化对乡村振兴的驱动引领作用，整体带动和提升农业农村现代化发展，促进农业全面升级、农村全面进步、农民全面发展。本文以南方丘陵山区实际情况为背景展开系统性分析，探索出一套适合当地的智慧农业发展模式，并以水城区为例进行示范，以期全面展开推广。

3.1 优先做好土地利用的规划准备工作

南方丘陵山区的农业发展，土地的规划利用是首要考虑的问题。农业农村部农业机械化管理司面向南方丘陵山区700多个县进行调研；样本县的调研数据显示，“地块细碎，机器作业效率低”“机耕道建设滞后，机器无法下地”“地块坡度太大，机器无法作业”这3个制约因素平均选择频率均高于49%，是制约南方丘陵山区农业机械化发展的最主要因素[5]。

（1）将相对面积大且适合耕种的土地平整后开展机械化作业。参考韩国农田宜机化改造经验，将一定范围内零散细碎的土地通过土地交换分合重新进行规划整理，以便于农事管理和开展机械化作业。历经40多年的农田整治，韩国旱地作物农业机械化率得到显著提高，到2019年已增长至60.2%[6]。

（2）土地整理应加强生态保护。土地整理不当可能会造成水土流失并引发一系列生态问题。因此，在土地整理前，可借助遥感、大数据等技术对各项可能导致生态环境影响的数据进行收集，并加以系统分析评价，制定出科学合理的实施方案[7]。对于那些坡度过大、不适合整理进行机械化耕作的土地，可以从生态保护的角度利用好，实施退耕还林还草，发展林果业和畜牧业等。

3.2 以县为单元建立智慧农业大数据中心与集成应用平台

（1）智慧农业大数据中心。在乡村土地整理规划的基础上，以县为单元建立服务于农业智能系统的智慧农业大数据中心与集成应用平台，以村落作为应用节点、数据采集单元和实际操作单元。智慧农业大数据中心基于超级算力中心和算力网开发农业智能软件系统，借助现代信息采集、传输、监控等设备，利用物联网、传感器、无线传输、数据存储等技术，对农业产前、产中、产后的海量数据进行采集、传输，并存储在信息化数据库中；进而，借助大数据、人工智能等技术对海量数据进行分析建模，从而做出指导农事作业各环节的决策方案。该系统链接区域内各种类型的农业生产现场，是全区域农业生产的决策中枢。

（2）智慧农业集成应用平台。该平台是基于农业大数据的集成应用平台；融合农业一二三产，围绕农业生产、加工、销售全产业链的全程监测和信息服务，面向农户、农技人员、家庭农场、企业、消费者等用户，以云服务的形式提供终端应用，从而提高农业全链条生产调度、决策、管理、服务能力[8]。

3.3 基于全要素模拟的农业智能系统

一个县及其所依附的农田就可以建立一个农业智能系统。农业智能系统以信息化技术为主要手段，通过农业生产全过程中的数据采集，在信息空间建立农业生产的“孪生系统”，即将农业生产过程搬到信息空间开展自主学习和训练，最终实现基于数据分析的农业生产过程的决策与执行[9]。通过人工模拟系统与真实生产系统的在线迭代，推动科学家的理论研究与生产实际系统的相互促进，以实现实验室模型和算法与生产一线的指挥系统“在线连接”，进而令农业生产实现“自动化”，最终达到绿色生产节本增效的目的。该农业智能系统的组成按照农业生产过程可分为4个部分。

（1）智能感知系统——建立天空地一体化数据信息采集体系。综合运用卫星遥感监测、无人机遥感监测和地面站点监测等环境监测手段，基于大数据、云计算等关键技术，将涉及农业生产的“水土气生”信息精准地测量和采集，实现对农业生产全领域、全过程、全覆盖的实时动态监测。由于南方丘陵山区地势复杂，在精准监测方面表现最好的地面监测手段，在实际操作中会面临较多障碍。基于此，南方丘陵山区精准监测可以低空无人机为主。

（2）智能通信系统——结合地面移动通信、应急通信、卫星通信等技术形成农业专用通信系统。由于农业生产地域跨度大，位置偏僻，集中作业强度高，亩均价值密度低，需要广域覆盖的低成本通信系统支

撑，而我国南方丘陵山区信息基础设施本就十分薄弱，大规模高密度的建设4G、5G通信基站成本过高。因此，基于卫星组网的6G通信会是农业通信系统的最佳选择。

（3）智能决策系统——构建支撑农业智能系统的超级计算中心，实现对农业生产数据的实时快速处理。算力中心可实时处理海量数据，并支持农业模型的训练和农业智能算法的求解；同时，将决策指令下发到系统链接的农业生产现场，为不同地块的农业生产决策提供支撑。由于南方丘陵山区种植作物种类多样，种植结构复杂，智能决策平台需要不断对传输来的相关信息数据进行训练和学习，从而逐步提升其决策能力。

（4）智能作业系统——智能化农机装备高质量作业的同时，实时进行数据采集[10]，最终实现整个农业智能系统的数据流通。南方丘陵山区地形地貌等环境因素复杂。因此，要充分结合当地土地情况、种植作物特点等因素，以及考虑农机的坡度作业能力、石头地作业能力等，对农机装备进行个性化改造和研发。

3.4 水城区猕猴桃产业发展及智能装备应用案例

水城区位于贵州省西部六盘水市核心腹地，是典型的喀斯特山区地貌区，山高坡陡，耕地破碎，石漠化和水土流失严重。2017年，水城被确定为中国科学院定点帮扶县。面对严峻的脱贫攻坚形势，中国科学院集中全院科技力量，充分发挥综合科技优势，立足水城产业发展和科技需求导向，因地制宜开展科技帮扶。目前，建立了以猕猴桃为主导，辅以食用菌、马铃薯、刺梨、小黄姜、中药材、矿泉水、玄武岩纤维、生态渔业等多种产业协同推进的现代农业产业体系，通过科技赋能产业扶贫，促进贫困人群增收脱贫[11]。

水城区猕猴桃种植面积12万亩左右，以“红阳”“东红”2个品种为主——占全市种植面积的95%以上，可谓“双红独大”。猕猴桃田间管理抹芽授粉、疏花疏果、采摘销售等农事活动较为集中，导致劳动力需求集中和产品上市时间集中，易形成季节性的用工荒局面。这不仅增加猕猴桃产业劳动力成本，也严重影响产品销售价格。

中国科学院以水城区猕猴桃产业为切入点，致力于面向以猕猴桃为代表的山地丘陵地区果树产业，实现基于全要素模拟的农业智能系统，提升农业生产效率。针对猕猴桃生产管理中劳动力紧缺问题，中国科学院计算技术研究所研制了一款新型智能化农机——跟随式碎枝机，通过先进的智能化技术实现机器的新型作业模式（图2）。跟随式碎枝机解决了猕猴桃剪枝碎枝环节繁琐、还田费时费力的问题，实现一次碎枝、就地还田、增加土壤养分。

跟随式碎枝机具有5个特点：① 山地化，采用履带式底盘，爬坡能力达到30度，可适应喀斯特山区复杂地形多种工况下的碎枝作业。② 智能化，采用多种传感设备，通过自研的控制系统实现自动跟随、自主规划、手柄遥控、APP遥控等功能。③ 模块化，采用标准智能底盘与作业部件相组合的方式，通过更换作业部件，可以方便地将本机改造成为其他智能山地农机，如智能运输机器人、智能旋耕机等。④ 清洁化，行走部件与作业部件均采用纯电驱动，成本低、无污染，符合我国发展清洁能源的技术趋势。⑤ 平台化，



图2 跟随式碎枝机（a）和工作场景（b）

Figure 2 Follow-up pruning machine (a) and work scenario (b)

作为农业智能系统的终端执行部分，为全要素农业智能系统的实现奠定了坚实的基础。

与传统的固定式碎枝机相比，跟随式碎枝机人员行走路线长度和工作量能减少到1/5左右，大幅降低猕猴桃剪枝工作量，提升工作效率。此外，该机还能够推广到桃、梨、苹果等需要剪枝的果树，具有广泛的应用前景。

4 科技助力南方乡村振兴的发展建议

4.1 做好智慧乡村顶层规划设计，与现代化城市建设协同发展

城乡发展不平衡不协调，是我国经济社会发展存在的突出矛盾，乡村振兴战略的核心要义之一就是城乡融合发展和城乡一体化[12]。习近平总书记在《习近平谈治国理政》第二卷中指出：“我们应该通过振兴乡村，开启城乡融合发展和现代化建设新局面”。党的二十大报告也强调：“坚持农业农村优先发展，坚持城乡融合发展”。因此，新时期全面推进智慧乡村建设，应由政府组织牵头，在现有农业农村信息化规划和智慧城市顶层设计的基础上，引导各级政府、各类企业、乡村、公众积极参与；充分利用好物联网、人工智能、大数据、云计算等新一代信息技术在制定建设规范与标准、基于大数据背景做出乡村空间规划治理决策等方面发挥的作用，精准、高效做好智慧乡村与现代化城市建设协同发展的统筹规划设计。

4.2 加强农田农机农艺协同配套改造，推动农业机械化智能化发展

推动南方丘陵山区农业机械化智能化发展，首先要解决农田宜机化问题[13]。现阶段的农田规划并未针对南北方地理及环境因素进行有差别的详细规定，致使各地在实际农田改造过程中无据可依。建议结合《全国高标准农田建设规划（2021—2030 年）》和农业现代化发展要素需求，充分考虑农田、农机、农艺等相关要素，基于南北区域差异，从国家层面制定全国性的农田宜机化标准——明确规定改造地块的最佳坡度、长度与宽度，综合考虑作业情况、改造成本与长期收益。同时，应统筹考虑农机农艺融合问题，集成配套南方丘陵山区机械化生产体系。建议基于宜机化改造后的农田情况，优化种植结构，深化农机农艺融合的技术路线，从品种、产业、环节全面梳理丘陵山区农机装备的需求清单；采用模块化设计和系列化设计方法，集中力量加快突破关键技术，形成完善的装备体系，最终推动南方丘陵山区农业的机械化智能化发展。

4.3 强化乡村信息基础设施建设，健全功能共享的统一数据系统

先进完善的信息基础设施是建设数字乡村的基础，是发展智慧农业的重要信息保障。我国发展智慧农业的基础设施尚不完善，传统的通信方式难以满足农业生产需求。因此，要加速推进乡村信息基础设施建设，同时还要兼顾智慧农业发展的网络特殊需求。*① 在国家新基建战略下，加快物联网、人工智能等新型基础设施布局。*推动网络基础设施在农村和农业生产中的共建共享，打造农业农村信息感知与互联通信系统，建立天空地一体化观测体系。*② 重点围绕智慧农业关键方向，推进基于卫星组网的6G通信建设。*解决广域大田信号覆盖、移动通信、数据传输和监测等关键问题。*③ 要在国家层面健全功能共享的全国智慧农业统一数据系统。*打通智慧农业信息资源数据共享渠道，实现数据的整合运用；同时，要做好数据资源的保密工作，切实保障好我国智慧农业数据信息安全[14]。以信息基础设施建设为保障，以海量数据为基础，支撑我国智慧农业高速发展，为我国乡村振兴注入科技动能。

4.4 加大政策指导和人才培养力度，建成专业化高素质农业人才队伍

高素质的农业人才是智慧农业发展的主力军。政

府应根据南方丘陵山区劳动力状况和资源配置新变化新趋势，发展智慧农业、建设现代农业新要求，加大政策指导和人才培养力度。① 加大政策支持。全方位、多渠道加大智慧农业宣传力度，鼓励高校毕业生、大学生村官和农业科技人才下乡创业，明确相应创业扶持政策，吸引农村外出务工人员主动返乡就业。② 加强人才支撑。加强相关创业企业用工需求信息采集，提供信息发布、用工指导等服务，将技术技能、农产品营销、农业经营管理等农业科技人才统筹纳入当地人才保障体系。③ 加快完善新型职业农民培训教育体系。联合农机推广服务机构、农业企业和农业职业院校，围绕特色优势产业，分层次、按类型开展新型农民的培训，打造一支有文化、懂技术、善经营、会管理的高素质农民队伍，为农业现代化建设提供坚实的人力支撑。

参考文献

1 袁道先, 蒋勇军, 沈立成, 等. 现代岩溶学. 北京: 科学出版社, 2016.
Yuan D X, Jiang Y J, Shen L C, et al. Modern Karstology. Beijing: Science Press, 2016. (in Chinese)

2 王克林, 岳跃民, 陈洪松, 等. 科技扶贫与生态系统服务提升融合的机制与实现途径. 中国科学院院刊, 2020, 35(10): 1264-1272.
Wang K L, Yue Y M, Chen H S, et al. Mechanisms and realization pathways for integration of scientific poverty alleviation and ecosystem services enhancement. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(10): 1264-1272. (in Chinese)

3 王晓文, 袁寿其, 贾卫东. 丘陵山区农业机械化现状与发展. 排灌机械工程学报, 2022, 40(5): 535-540.
Wang X W, Yuan S Q, Jia W D. Current situation and development of agricultural mechanization in hilly and mountainous areas. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2022, 40(5) : 535-540. (in Chinese)

4 张桃林. “十四五”农业机械化发展面临的新形势新任务. 农机科技推广, 2021, (5): 4-7.
Zhang T L. New situation and new tasks faced by the development of agricultural mechanization in the “14th Five-Year Plan”. Agriculture Machinery Technology Extension, 2021, (5): 4-7. (in Chinese)

5 刘小伟. 丘陵山区农业机械化发展路径选择. 现代农业装备, 2018, (1): 13-17.
Liu X W. Path selection of agricultural mechanization development path selection in hilly and mountainous areas. Modern Agricultural Equipment, 2018, (1): 13-17. (in Chinese)

6 吴萍, 曹光乔. 韩国农田整治对我国丘陵山区宜机化改造借鉴与启示. 中国农机化学报, 2022, 43(9): 158-164.
Wu P, Cao G Q. Reference and enlightenment of farmland construction in South Korea to the farmland mechanized construction in hilly and mountainous areas of China. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2022, 43(9): 158-164. (in Chinese)

7 罗明, 张惠远. 土地整理及其生态环境影响综述. 资源科学, 2002, 24(2): 60-63.
Luo M, Zhang H Y. Land consolidation and its ecological and environmental impacts. Resources Science, 2002, 24(2): 60-63. (in Chinese)

8 李伟嘉, 苏昕. 数字乡村背景下智慧农业的场景、效应与路径. 科学管理研究, 2023, 41(3): 140-150.
Li W J, Su X. The scene, effect and path of smart agriculture under the background of digital countryside. Scientific Management Research, 2023, 41(3): 140-150. (in Chinese)

9 孙凝晖, 张玉成, 王竑晟, 等. 农业模拟器: 用智能技术打通黑土地保护的数据流. 中国科学院院刊, 2021, 36(10): 1165-1174.
Sun N H, Zhang Y C, Wang H S, et al. Agricultural simulator: Using intelligent technology to get data flow for black land protection. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(10): 1165-1174. (in Chinese)

10 孙凝晖, 张玉成, 石晶林. 构建我国第三代农机的创新体系. 中国科学院院刊, 2020, 35(2): 154-165.
Sun N H, Zhang Y C, Shi J L. Build innovation system of third generation of agricultural machinery in China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(2): 154-165. (in Chinese)

11 夏勇, 田弋夫, 余德顺, 等. 科技助推"三变"改革 建立科技扶贫长效机制——中国科学院贵州省水城县定点科技扶贫实践与探讨. 中国科学院院刊, 2020, 35(Z2): 31-37.
Xia Y, Tian Y F, Yu D S, et al. Promote "Three Changes" reform and establish long term mechanism for poverty alleviation by science and technology-practice and poverty alleviation by science and technology of Chinese Academy of Sciences in Shuicheng County, Guizhou Province, China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(Z2): 31-37. (in Chinese)

12 李济时. 城乡一体化进程中乡村建设与治理的新格局. 中国高校社会科学, 2023, (3): 121-130.
Li J S. The new pattern of rural construction and governance in the process of urban rural integration. Social Sciences in Chinese Higher Education Institutions, 2023, (3): 121-130. (in Chinese)

13 罗锡文. 补短板 促全面 提升我国农业机械化发展水平. 现代农业装备, 2017, (5): 8-12.
Luo X W. Make up the shortcomings and promote the overall development level of agricultural mechanization in China. Modern Agricultural Equipment, 2017, (5): 8-12. (in Chinese)

14 宁甜甜. 新发展阶段我国智慧农业: 机遇、挑战与优化路径. 科学管理研究, 2022, 40(2): 131-138.
Ning T T. China's smart agriculture in the new development stage: Opportunities, challenges and optimization path. Scientific Management Research, 2022, 40(2): 131-138. (in Chinese)

Smart agricultural development model with science and technology facilitated rural revitalization in southern China

ZHANG Yucheng[1*] WU Wei[2] DAI Feng[1] LI Lei[1] GAO Shuqin[1] ZHAO Xingang[3]
（1 Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
2 Beijing Guoke Fuxi Technology Co. Ltd., Beijing 100080, China;
3 Bureau of Science and Technology for Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China）

Abstract Rural revitalization is a major task in realizing the great rejuvenation of the Chinese nation. Agriculture is the foundation of rural areas, and developing smart agriculture is an important means to realize rural revitalization. The southern hilly and mountainous areas are the concentrated distribution areas of land desertification in China, with obvious disadvantages in agricultural infrastructure, large poverty areas, and deep poverty levels. They are the “hard bones” that are difficult to tackle in rural revitalization in China. In the important period of consolidating and expanding the achievements of poverty alleviation and continuously promoting rural revitalization, under the background of the vigorous development of high technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence, and big data, the issues that urgently need to be thought about and solved include: how to realize informatization in the southern hills and mountains, how to find a reasonable path of modern agricultural and rural development, and how to drive rural peace and prosperity with agricultural development. Based on the basic status quo of population, cultivated land, and landforms in the southern hills and mountains, this study analyzes thoroughly the pain points that limit the development of agriculture in the southern hills and mountains. Focusing on the whole process of intelligent perception, intelligent communication, intelligent decision-making and intelligent operation of smart agriculture, it proposes ideas and steps for developing smart agriculture in the southern hills and mountains of China with the help of information and intelligent means. With the aim to form a set of smart agriculture development model to help rural revitalization in southern China, it will take Shuicheng County in Guizhou Province as an example to demonstrate before promoting it in an all-round way on a large scale. Finally, focusing on the shortcomings and challenges of the development of smart agriculture in the southern hills and mountains, four development suggestions are put forward.

Keywords smart agriculture, southern hilly and mountainous areas, rural revitalization, industrial development

张玉成 中国科学院计算技术研究所正高级工程师。主要研究领域：智能农业机械，复杂农业系统控制理论与方法。
E-mail: zhangyucheng@ict.ac.cn

ZHANG Yucheng Professor and Senior Engineer of the Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences (CAS). His research focuses on intelligent agricultural machinery, and control theory and method of complex agricultural system.
E-mail: zhangyucheng@ict.ac.cn

■责任编辑：岳凌生

*Corresponding author